

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2001 年 9 月 13 日 (13.09.2001)

PCT

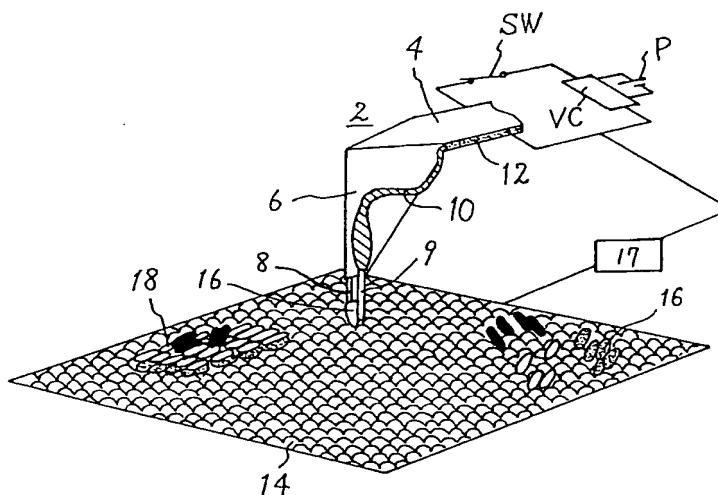
(10) 国際公開番号  
WO 01/66460 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: B82B 1/00 (71) 出願人 および  
(72) 発明者: 中山喜萬 (NAKAYAMA, Yoshikazu) [JP/JP];  
〒573-0084 大阪府枚方市香里ヶ丘1丁目14番地の2、  
9-404 Osaka (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP01/01803 (72) 発明者; および  
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 秋田成司 (AKITA,  
Seiji) [JP/JP]; 〒594-0032 大阪府和泉市池田下町1248  
番地の4 Osaka (JP). 原田昭雄 (HARADA, Akio) [JP/JP].  
大川 隆 (OKAWA, Takashi) [JP/JP]; 〒536-0011 大阪  
府大阪市城東区放出西2丁目7番19号 大研化学工業  
株式会社内 Osaka (JP).
- (22) 国際出願日: 2001 年 3 月 8 日 (08.03.2001)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2000-112767 2000 年 3 月 8 日 (08.03.2000) JP  
特願2000-404006 2000 年 12 月 7 日 (07.12.2000) JP
- (74) 代理人: 弁理士 三木久巳 (MIKI, Hisami); 〒591-  
8031 大阪府堺市百舌鳥梅北町3丁目125番地の211 Osaka  
(JP).
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 大研  
化学工業株式会社 (DAIKEN CHEMICAL CO., LTD.)  
[JP/JP]; 〒536-0011 大阪府大阪市城東区放出西2丁目  
7番19号 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (国内): CN, KR, US.
- (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE,  
DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

[続葉有]

(54) Title: NANOTWEEZERS AND NANOMANIPULATOR

(54) 発明の名称: ナノピンセット及びナノマニピュレータ



(57) Abstract: A pair of electrostatic nanotweezers (2) is characterized by comprising a plurality of nanotubes extending from their proximal ends at which they are fixed to a holder (6), coating films with which the surfaces of these nanotubes are insulation coated, and two lead wires (10, 10) connected to two (8, 9) of these nanotubes, wherein a voltage is applied across the lead wires to produce an electrostatic attractive force by which the front ends of the two nanotubes are made openable and closable, thereby gripping a nanosubstance therebetween. Further, if a piezoelectric film (32) is formed on the surface of each nanotube (9) and caused to stretch and contract so as to make the front ends of the nanotubes openable and closable, then any nanosubstance, whether dielectric, semiconductor or conductor, can be handled. Further, if three nanotubes are made openable and closable by the electrostatic system, nanosubstances of any desired shape, such as spherical or linear, can be handled. Further, gripping, moving and discharging of nanosubstances are facilitated by constituting a nanomanipulator in combination with a three-dimensional driving mechanism.

[続葉有]

WO 01/66460 A1



添付公開書類:  
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

---

(57) 要約:

静電方式のナノピンセット2は、ホルダー6に基端部を固定して突設された複数のナノチューブと、これらのナノチューブ表面を絶縁被覆するコーティング被膜と、この中の2本のナノチューブ8、9に連結されたリード線10、10からなり、このリード線間に電圧を印加して静電引力により前記2本のナノチューブの先端間を開閉自在に設け、この間にナノ物質を把持することを特徴としている。また、ナノチューブ9の表面に圧電膜32を形成し、圧電膜を伸縮させて前記ナノチューブの先端間を開閉自在に設ければ、絶縁体・半導体・導電体に拘わらず任意のナノ物質をハンドリングできる。また、3本のナノチューブを静電方式で開閉自在にすれば、球状・棒状などの任意形状のナノ物質をハンドリングできる。更に、3次元駆動機構と組み合わせてナノマニピュレータを構成し、ナノ物質の把持・移動・放出を容易にする。

## 明 細 書

### ナノピンセット及びナノマニピュレータ

#### (技術分野)

本発明はナノオーダーサイズの物質（以後、ナノ物質という）を把持したり放出したりできるナノピンセットに関し、またナノ物質を移動・積み上げてナノサイズ部品、ナノ分子デバイス等を組み立てることができるナノマニピュレータ装置に関する。

#### (背景技術)

近年の技術開発はますます極小領域に指向している。例えば、光・電子情報関連の新素材やナノサイズ部品の創製、細胞やタンパク質の集積による新しいバイオ関連機能物質の創製のように、ナノ領域における革新的な製造技術の開発が要望されている。

このようにナノ物質を移動し積み上げることができるようには、ナノ物質を把持したりそれを放出したりできるナノピンセットの開発が必要になる。このナノピンセットの第1原型は、Philip Kim と Charles M. Lieber により1999年12月10日に発行されたサイエンス誌上に発表された。図16～図18はこのナノピンセットの製造工程図である。

図16はテーパ加工されたガラスチューブ80先端の側面図であり、この先端直径は約100nm、図示しない後端直径は1mmである。図17はナノピンセットの完成図である。前記ガラスチューブ80の周面に絶縁部82を介して二つの金電極膜84a、84bを形成する。この金電極膜にそれぞれカーボンナノチューブ86a、86bを突設状に固定して、ナノピンセット88が完成される。

図18はナノピンセットに電圧を印加する概要図である。金電極膜84a、84bには接点90a、90bからリード線92a、92bが導出され、直流電源94の両端に結線されている。直流電源94の電圧を印加すると、カーボンナノチューブ86aは正極に帯電し、カーボンナノチューブ86bは負極に帯電する。これらの正負の静電引力により、カーボンナノチューブ86a、86bの先端は内方に閉じ、この間にナノ物質96を挟んで挟持することができる。

電圧を大きくするとカーボンナノチューブは更に閉じるから、より小さなナノ物質を挟持できる。電圧をゼロにすると静電引力は無くなり、カーボンナノチューブ 86 a、86 b の弾性復元力により図 13 の状態に戻って、ナノ物質 96 を放出する。このように電圧の大小制御だけでナノピンセット 88 の開閉制御を行える利点を有し、ナノピンセットとして画期的なものである。

しかし、このナノピンセット 88 は次のような欠点を有している。第 1 の欠点は、ガラスチューブ 80 をテーパ状にその先端を 100 nm まで微細加工しているから、強度的に弱くしかも脆いことである。

第 2 の欠点は、金電極膜 84 a、84 b をガラスチューブ 80 の全長に亘って形成し、ガラスチューブの直径が大きくなった後端部に接点 90 a、90 b を設けてリード線 92 a、92 b を介して電源 94 に接続していることである。即ち、リード線がかなり太いので、ガラスチューブの拡張した後端部に電気接点を設けざるを得ない。そのために、金電極膜をガラスチューブの全長に形成するという困難さと効率の悪さがある。

第 3 の欠点は、静電ナノピンセットに起因する。つまり、静電ナノピンセットはカーボンナノチューブに正負の電気を蓄積して、それらの静電引力によりカーボンナノチューブを開閉制御する。ナノ物質 96 が電気絶縁体や半導体の場合には静電引力を利用できるが、ナノ物質が導電体の場合には、カーボンナノチューブの両端が電氣的にショートしてしまい、静電引力が作用しなくなる。また、ショート時にナノ物質を電氣的に破壊してしまう危険性もある。従って、ナノピンセットの使用が半導体ナノ物質や絶縁性ナノ物質に制限され、使用に際し常に注意深くなければならない弱点があった。

第 4 の欠点は、2 本のカーボンナノチューブから構成されることである。つまり、分子は種々の形状を有しており、2 本のナノチューブでは確実に把持できないナノ物質が存在する。例えば、扁平なナノ物質であれば 2 本のカーボンナノチューブ 86 a、86 b で把持できるが、球状ナノ物質や棒状ナノ物質は 2 本のナノチューブの把持では不安定で脱落する危険性がある。

従って、本発明の第 1 目的は、強度が高く、加工が比較的容易なナノピンセットを提供することである。

また、本発明の第2目的は、静電方式を用いなくて、導電性・半導体・絶縁性の全てのナノ物質を把持できるナノピンセットを提供することである。

更に、本発明の第3目的は、球状ナノ物質や棒状ナノ物質などの種々の形状のナノ物質を確実に把持して搬送制御できるナノピンセットを提供することである。

また、これらのナノピンセットを利用して、ナノ構造物を組み立てることができるナノマニピュレータ装置を実現する。

#### (発明の開示)

請求項1の発明は、ホルダーに基端部を固定して突設された複数のナノチューブと、これらのナノチューブ表面を絶縁被覆するコーティング被膜と、この中の2本のナノチューブに連結されたリード線からなり、このリード線間に電圧を印加して静電引力により前記2本のナノチューブの先端間を開閉自在に設けることを特徴とするナノピンセットである。

請求項2の発明は、カンチレバーに突設されたピラミッド部と、このピラミッド部に基端部を固定して突設された複数のナノチューブと、この中の2本のナノチューブに連結されたリード線からなり、このリード線間に電圧を印加して静電引力により前記2本のナノチューブの先端間を開閉自在に設けることを特徴とするナノピンセットである。

請求項3の発明は、ホルダーに基端部を固定して突設された複数のナノチューブと、この中の少なくとも1本のナノチューブの表面に形成された圧電膜からなり、この圧電膜に電圧を印加して圧電膜を伸縮させ前記ナノチューブの先端間を開閉自在に設けることを特徴とするナノピンセットである。

請求項4の発明は、前記ホルダーはカンチレバーのピラミッド部である請求項3記載のナノピンセットである。

請求項5の発明は、カンチレバーのピラミッド部を構成する変形可能な複数のピラミッド片と、このピラミッド片の先端に固定されたナノチューブと、少なくとも1個のピラミッド片の側面に形成された圧電膜からなり、この圧電膜に電圧を印加して圧電膜を伸縮させ、ピラミッド片を可撓自在にしてナノチューブの先端間を開閉することを特徴とするナノピンセットである。

請求項6の発明は、ホルダーに基端部を固定して突設された3本以上の導電性ナノチューブと、この中の少なくとも3本以上の導電性ナノチューブにそれぞれ連結されたリード電極からなり、これらのリード電極間に電圧を印加してその静電引力により前記導電性ナノチューブの先端間を開閉自在に設けることを特徴とする静電ナノピンセットである。

請求項7の発明は、カンチレバーに突設された突出部と、この突出部に基端部を固定して突設された3本以上の導電性ナノチューブと、この中の少なくとも3本以上の導電性ナノチューブにそれぞれ連結されたリード電極からなり、これらのリード電極間に電圧を印加して静電引力により前記導電性ナノチューブの先端間を開閉自在に設けることを特徴とする静電ナノピンセットである。

請求項8の発明は、請求項1、2、3、4、5、6又は7に記載のナノピンセットと、このナノピンセットを試料に対しXYZ方向に移動制御する3次元駆動機構とから構成され、ナノピンセットでナノ物質を試料に搬送制御することを特徴とするナノマニピュレーターである。

請求項9の発明は、ナノピンセットを構成する少なくとも1本のナノチューブを走査型プローブ顕微鏡用の探針として用いる請求項8に記載のナノマニピュレータ装置である。

本発明者らは耐久性を有するナノピンセットを開発するために鋭意研究した結果、前述したナノチューブを利用した静電引力方式のナノピンセットを改良することに成功し、また更に高性能の圧電膜方式のナノピンセットを開発することにも成功するに至った。

まず、従来の静電引力方式ナノピンセットの弱点は、把持するナノ物質が導電性の場合に、ナノチューブ間が電氣的にショートしてピンセット機能を喪失し、破断のおそれがあったことである。この欠点を改善するために、ナノチューブ表面に絶縁物質からなるコーティング被膜を形成して、接触時のショートを防止できるナノピンセットを提案する。このコーティング被膜をナノチューブに限らず他の配線部分にまで形成すれば、ナノピンセット全体の絶縁性を高めることができる。この絶縁処理はあらゆる構造の静電方式ナノピンセットに適用できる。

従来の第2の弱点は、先細のガラス管にナノチューブを固定しているので、強度が

弱く脆いことである。この欠点を改善するために、ナノチューブのホルダーとして、AFM（原子間力顕微鏡）用のカンチレバーのピラミッド部を利用する提案をする。このピラミッド部はシリコンや窒化シリコン製であるから電気絶縁性を有し、しかも強度が従来のガラスチューブと比較して大幅に高い。

前記二つの発明をカンチレバーを用いて総合的に説明する。ピラミッド部の頂点近傍に、2本のナノチューブの基端部を固定し、先端部を突出させる。この固定方法には2種類ある。第1は電子顕微鏡内で基端部近傍を電子ビーム照射する。この照射によって、基端部を被覆するようにカーボン膜やCVD膜をコーティング被膜として形成する。このコーティング被膜が基端部を押さえてナノチューブを強固に固定する。第2は基端部を直接電子ビーム照射すると、基端部がピラミッド部表面に融着する。この融着部がナノチューブを固定する。

次に、ナノチューブの基端部にリード線を配線する。本発明ではリード線としてナノチューブやCVD（化学的気相蒸着法）による金属配線などが利用できる。例えば、ナノチューブは強度が強く柔軟性が極めて高い素材であり、太さや長さも各種存在するからナノサイズのリード線として最適である。また、CVD法により金属原子を配線状に微小形成することもできる。

ナノチューブリード線の一端を前記基端部に接触させ、この接点を電子ビーム照射してスポット溶接的にピラミッド部に一体固定する。ナノチューブリード線他端は他のナノチューブリード線に結線しても良いし、カンチレバーに形成された電極膜に結線しても良い。またCVDリード線は基端部やピラミッド部表面に固定しながら形成できる。

これらのリード線を形成してから、ナノチューブ表面、ナノチューブの基端部領域、リード線全体に絶縁材からなるコーティング被膜を形成する。ナノチューブ表面の被膜形成により、静電方式におけるショートを防止できる。同時に、配線全体の被膜形成により、ナノピンセット全体をショート等から保護することができる。また、生体液などの電解質溶液中でナノピンセットを操作しても漏電することはない。コーティング被膜の形成は電子ビーム照射法やCVD法が利用できる。

カンチレバーの電極膜と外部電源回路との結線は、カンチレバーが比較的大きいので、光学顕微鏡または光学的拡大鏡下で行うことができる。外部電源回路は電源と電

圧制御回路と電気スイッチから構成される。電圧制御回路により印加電圧を自在に調整すれば、ナノチューブ先端間の開度を任意に調整でき、ナノ物質のサイズに応じてナノピンセットを開閉制御できる。

また、静電引力方式と全く異なる圧電膜方式のナノピンセットを開発した。この圧電膜方式は圧電膜の伸縮によりナノチューブを可撓自在にし、これによりナノチューブ先端間を開閉させるものである。従って、ナノチューブ間に電流が流れないので、ナノ物質の電気物性に拘わらずナノピンセットを機能させることができる。

この圧電膜方式では、ナノチューブのホルダーとして、AFMやSTM（トンネル顕微鏡）に限らず、広範囲のSPM（走査型プローブ顕微鏡）に用いられる探針が用いられる。SPMの探針はナノチューブと比較するとサイズ的にかなり大きく、2本のナノチューブを固定するには十分な大きさを有する。最も有効なホルダーは前述したAFM用のカンチレバーのピラミッド部である。以下では、このカンチレバーで説明する。

まず、カンチレバーのピラミッド部に2本のナノチューブの基端部を固定する。このとき、2本のナノチューブの先端部は相互に接触させるようにしておく。つまり、先端が接触した状態で固定する。固定方法には前述したコーティング被膜法と融着法がある。どちらの固定方法でも良い。

次に、2本のナノチューブのどちらか1本の表面に圧電膜を形成する。圧電膜はピエゾ素子とも呼ばれ、電圧を印加すると収縮する性質を有する。電圧を変えると、収縮量も変化する。圧電膜が収縮すると、それが固着しているナノチューブが開くように撓む。従って、最初ナノチューブ先端は閉じているが、電圧を印加して先端を開き、この開いた状態でナノ物質を把持する。更に電圧を大きくして開度を増大させると、ナノ物質は放出される。分子間力でナノ物質がナノチューブから離脱しない場合には、試料とナノピンセット間に電圧を印加して電氣的に放出することもできる。

圧電膜の両端にはナノチューブリード線の一端を結線し、他端は他のナノチューブリード線に結合しても良いし、前述したようにカンチレバーの電極膜に結線しても良い。勿論、CVDリード線も利用できる。そして、この電極膜から外部電源回路に接続する。外部電源回路は電源と電圧制御回路と電気スイッチから構成され、その作用は前述の通りである。



2本のナノチューブに圧電膜を形成しても良い。この場合には、2本のナノチューブを電圧印加で撓ませることができるから、ナノチューブ先端の開度をより大きく設定でき、ナノピンセットを高性能化できる。

圧電膜をナノチューブ表面に形成する代わりに、ピラミッド部表面に形成する場合を考える。ピラミッド部を例えば収束イオンビーム装置で刻み込み、刻み部を介して2個のピラミッド片に分割する。各ピラミッド片は可撓性を有するように厚み調整しておく。1個のピラミッド片に1本のナノチューブを突設し、合計2本のナノチューブを先端が接触するように突設する。一方又は両方のピラミッド片の側面に圧電膜を形成し、前述と同様に圧電膜の両端に電圧を印加して圧電膜を収縮させる。この収縮によりピラミッド片が撓み、ナノチューブ先端が開く。後は、ナノ物質を把持したり放出することによってナノピンセットとして機能する。

第3の発明として、静電引力方式でも、圧電膜方式でもナノピンセットに用いられるナノチューブは2本以上から構成することもできる。例えば、3本のナノチューブを用いると、これら3本でナノ物質を把持することになる。

3本ナノチューブ方式では、3本を開閉するようにしてもよいし、3本のうち2本を静電引力方式で開閉制御しても良い。また、2本に圧電膜を形成して2本を開閉制御しても良い。3本のうち2本を開閉制御する場合には、残りの1本は補助ナノチューブとして機能する。3本ナノチューブ方式では、3本でナノ物質を把持するので、球状・棒状などの種々の形状のナノ物質の把持を確実化することができる。特に、3本静電方式では、2本を同極性に、1本を異極性にとすると、3本が静電引力で引き合うから、異形ナノ物質の把持が確実になる。

圧電膜方式においても、リード線で電圧印加するから、圧電膜の表面とリード線を絶縁物質でコーティングすると、ショート危険性がなくなる。従って、電解質溶液内でのナノピンセット操作も可能になる。

本発明のナノチューブとしては、導電性のカーボンナノチューブのみならず、絶縁性のBCN系ナノチューブやBN系ナノチューブ等の一般のナノチューブが利用できる。カーボンナノチューブはCNTとも略称され、カーボン棒のアーク放電を利用して製造される。BCN系ナノチューブはCNTのC原子の一部をB原子とN原子に置換したものであり、BN系ナノチューブはC原子のほとんど全部をB原子とN原子に

置換したものである。置換方法として各種の方法が開発されている。導電性ナノチューブには、カーボンナノチューブや導電性被膜を周囲に形成した絶縁性ナノチューブが含まれる。

#### (図面の簡単な説明)

図 1 は、本発明のナノピンセットを用いたナノマニピュレータ装置の作動説明図である。

図 2 は、本発明に係るナノピンセットの第 1 実施形態の概略正面図である。

図 3 は、第 1 実施形態のナノピンセットを試料に対向配置した概略斜視図である。

図 4 は、ナノ物質を把持した第 1 実施形態のナノピンセットの概略正面図である。

図 5 は、本発明に係るナノマニピュレータ装置の概略構成図である。

図 6 は、本発明に係るナノピンセットの第 2 実施形態の概略正面図である。

図 7 は、第 2 実施形態のナノピンセットを試料に対向配置した概略斜視図である。

図 8 は、ナノ物質を把持した第 2 実施形態のナノピンセットの概略正面図である。

図 9 は、ピラミッド部を有したカンチレバーの要部斜視図である。

図 10 は、本発明に係るナノピンセットの第 3 実施形態の概略正面図である。

図 11 は、ナノ物質を把持した第 3 実施形態のナノピンセットの概略正面図である。

図 12 は、本発明に係るナノピンセット（静電ナノピンセット）の第 4 実施形態の概略斜視図である。

図 13 は、球状ナノ物質を把持した第 4 実施形態の作用説明図である。

図 14 は、棒状ナノ物質を把持した第 4 実施形態の作用説明図である。

図 15 は、第 4 実施形態の静電ナノピンセットを用いたナノマニピュレータ装置の作動説明図である。

図 16 は、従来のテーパ加工されたガラスチューブ先端の側面図である。

図 17 は、従来のナノピンセットの概略説明図である。

図 18 は、従来のナノピンセットに電圧を印加する概要説明図である。

#### (発明を実施するための最良の形態)

以下に、本発明に係るナノピンセット及びこれを用いたナノマニピュレータ装置の

実施形態を図面に従って詳細に説明する。

## 第1実施形態

### 〔2本静電ナノピンセット〕

図1は本発明のナノピンセットを用いたナノマニピュレータ装置の作動説明図である。ナノピンセット2はAFM用のカンチレバー4の先端に突設されたピラミッド部6に2本のナノチューブ8、9を突設して形成されている。これらのナノチューブ8、9の基端部にはリード線10、10が設けられ、カンチレバー4の左右側面に形成された電極膜12、12に結線されている。この電極膜12、12は電気スイッチSW、電源P及び電圧制御回路VCに接続され、ナノチューブ8、9に適切な電圧を印加する。

2本のナノチューブ8、9は試料14に接近して配置され、この試料14の表面には各種の多数のナノ物質16が配置されている。ナノチューブ8はナノチューブ9より長く下方に突設されている。従って、ナノチューブ8はAFM用の探針としても利用できる。まず、このナノチューブ8をAFM探針として3次元駆動機構17により走査し、把持すべきナノ物質16の位置と形状を確認する。

ナノチューブ8、9は電圧の印加により開閉制御され、電圧の大きさにより開度が可変される。従って、ナノチューブ8、9を開いてAFMで見当ををつけたナノ物質16を把持し、その状態で3次元駆動装置Dにより矢印方向に沿ってナノ回路部18まで移動し、ナノチューブ8、9を更に開いてナノ物質16を放出する。ファンデアワールス力でナノ物質がナノチューブから離脱しない場合には、ナノピンセットとナノ回路部の間に電圧を印加して、ナノ物質を静電引力で放出することもできる。ナノ回路部18の適所にナノ物質16を放出することによってナノ回路18は望まれる構造に組み立てられる。

図2～図4は本発明に係るナノピンセットの第1実施形態を示す。図2はナノピンセット2の概略正面図である。ピラミッド部6の先端には細くて長いナノチューブ8と太くて短いナノチューブ9が基端部8b、9bを固定して配置されている。ナノチューブの先端部8aは先端部9aより下方に長く突設されており、先端部8aがAFM用探針として活用できるように設定されている。

前記基端部8b、9bは周辺への電子ビーム照射によってコーティング被膜11、

11で被覆固定される。また基端部8b、9bの上端にはナノチューブをリード線10、10として結線し、このリード線10、10の他端は図12の電極12、12に結線される。最後に、ナノチューブリード線10、10の表面にもコーティング被膜11、11を形成して、これらのリード線をピラミッド部6に固定する。コーティング被膜11はハッチングで表示されている。

図3はナノピンセット2を試料14に対向配置した概略斜視図である。試料14の表面にある凹凸は表面原子を表している。ナノチューブ8の先端部8aはナノチューブ9の先端部9aより下方に突出しているから、先端部8aをAFM探針として用い、表面原子の凹凸構造を検出する。例えば、試料14上に置かれたナノ物質の位置や形状を検出する。

図4はナノ物質16を把持したナノピンセット2の概略正面図である。リード線10、10からナノチューブ8、9に直流電圧を印加する。先端部8a、9aには正負の電荷が蓄電され、この正負電荷の静電引力により先端部8a、9aが印加電圧に応じた開度で閉じ、この間にナノ物質16を把持する。把持するナノ物質16は図3でAFM探知されたナノ物質である。

図5は本発明に係るナノマニピュレータ装置の概略構成図である。前述したように、ナノピンセット2はカンチレバー4、サブストレート5、ピラミッド6及びナノチューブ8、9から構成される。試料14は圧電素子からなる3次元駆動機構17により3次元方向に駆動される。即ち、試料側を駆動してナノチューブ8、9を試料14の表面上をXYZ方向に駆動する。勿論、ナノピンセット2側を直接、3次元駆動してもよい。ナノピンセット2と試料14を相対的に3次元駆動できることが重要である。

20は半導体レーザー装置、22は反射ミラー、24は二分割光検出器、26はZ軸検出回路、28は表示装置、30はXYZ走査回路である。

ナノチューブ8、9を試料14に対し所定の斥力位置になるまでZ軸方向に接近させ、必要なナノ物質16を把持する。その後、XYZ走査回路30で3次元駆動機構17を走査して、所定の位置までナノチューブ8、9を移動する。この移動の過程では、ナノチューブ8、9と試料表面との離間距離を一定に保つ必要性から、ナノチューブが受ける斥力を常に一定になるようにZ軸方向にナノチューブを位置制御する必要がある。そのために、レーザービームLBをカンチレバー4により反射させ、反射

ミラー 22 を介して二分割光検出器 24 に導入し、上下検出器 24 a、24 b への偏向を検出しながら、Z 軸制御を行う。

Z 軸検出回路 26 で Z 位置を検出し、X Y Z 走査回路 30 で X Y 位置を検出して、これらの位置情報を表示装置 28 に表示する。つまり、この表示装置 28 には試料表面の凹凸像が表示される。そして、ナノチューブ 8、9 が所定位置に移動した後、ナノチューブ 8、9 を開いて把持してきたナノ物質 16 を試料表面上に放出する。この操作を繰り返して、所定場所に多数のナノ物質を組み立てて、例えばナノ回路 18 を構成する。ナノチューブ 8 を A F M 操作すれば、ナノ回路 18 の全体形状を表示装置 28 に撮像することもできる。従って、本発明のナノマニピュレータ装置はナノワールドを自在に構成できるナノロボットである。このナノマニピュレータ装置は真空、大気を含め種々の雰囲気中で使用でき、また電子顕微鏡などの装置内でロボットの手のように操作することもできる。

## 第 2 実施形態

### [2 本圧電膜ナノピンセット]

図 6 ～図 8 は本発明に係るナノピンセットの第 2 実施形態を示す。図 6 はこのナノピンセット 2 の概略正面図である。ナノチューブ 8、9 の先端部 8 a、9 a がその先端で接触するように、基端部 8 b、9 b がコーティング被膜 11、11 によりピラミッド部 6 に固定される。ナノチューブ 9 の先端部 9 a の表面には圧電膜 32 が形成され、その上端 32 a 及び下端 32 b にはナノチューブリード線 10 a、10 b が結線される。ナノチューブリード線 10 a、10 b はそれらの中間点をスポット状コーティング膜 13、13 によりピラミッド部 6 に固定される。

図 7 はナノピンセット 2 を試料 14 に対向配置した概略斜視図である。ナノチューブリード線 10 a、10 b の他端 10 c、10 d はカンチレバー 4 の電極 12、12 に固定される。電極 12、12 には電気スイッチ S W、電源 P、電圧制御回路 V C が接続されている。圧電膜 32 は両端への電圧印加により収縮し、収縮量は印加電圧とともに増大する。

まずナノチューブ先端が閉じた状態で試料 14 の表面を A F M 操作し、把持すべきナノ物質の位置と形状を検出する。

図 8 はナノ物質 16 を把持したナノピンセット 2 の概略正面図である。電気スイッ

チSWをオンにして圧電膜32に電圧を印加すると、圧電膜32の収縮に従ってナノチューブ9が撓み、ナノチューブ8、9の間が開き、対象となるナノ物質16を把持する。ナノ回路18の組立は図1と同様であるので、説明を省略する。

ナノピンセットの圧電膜を絶縁被覆する場合には、電圧を印加してもショートすることがなく、更にリード線も絶縁被覆すれば、電解質溶液中でもナノピンセット操作が可能となる。

### 第3実施形態

#### [2本ピラミッド片圧電膜ナノピンセット]

図9～図11は本発明に係るナノピンセットの第3実施形態を示す。図9はピラミッド部6を有したカンチレバー4の要部斜視図である。このカンチレバー4は一般にAFM測定に使用されるもので、ピラミッド部6は一塊りとして形成されている。このピラミッド部6を、例えば収束イオンビーム装置により刻設して二つのピラミッド片6a、6bに2等分し、これらのピラミッド片6a、6bを可撓自在に形成する。

図10はこのナノピンセット2の概略正面図である。ピラミッド片6a、6bは間隙6cを介して根本部6dから可撓自在に対向している。ナノチューブ8、9の先端部8a、9aがその先端で接触するように、基端部8b、9bがコーティング被膜11、11によりピラミッド片6a、6bにそれぞれ固定される。ピラミッド片6aの側面には圧電膜32が形成され、その上端32a及び下端32bにはナノチューブリード線10a、10bが結線される。これらのナノチューブリード線10a、10bはカンチレバー4の電極12、12を介して第2実施形態と同様の電源回路に接続される。

まずナノチューブ先端が閉じた状態で試料14の表面をAFM操作し、把持すべきナノ物質の位置と形状を検出する。

図11はナノ物質16を把持したナノピンセット2の概略正面図である。電気スイッチSWをオンにして圧電膜32に電圧を印加すると、圧電膜32の収縮に従ってピラミッド片6aが撓み、ナノチューブの先端部8a、9aの間が開き、検出したナノ物質16を把持する。ナノマニピュレータ装置を用いたナノ回路18の組立は図1と同様であるので、説明を省略する。

前記実施形態ではナノチューブやピラミッド片は2本構成であったが、これ以上の

複数構成にしてもよい。また圧電膜をナノチューブやピラミッド片の１本だけに形成するのでなく、対向する２本に形成することもできる。

#### 第４実施形態

##### [３本静電ナノピンセット]

図１２は本発明に係るナノピンセット（静電ナノピンセット）の第４実施形態の概略斜視図である。カンチレバー１０２はカンチレバー部１０４とその先端に形成された突出部１０６から構成される。この突出部１０６の突出端１０６ｅは略水平に形成され、その周面は先端面１０６ａ、側面１０６ｂ、１０６ｃ及び後端面１０６ｄの４面から構成されている。

カンチレバー部１０４の上平面及び側面には、所要幅の３本の電極膜１１２、１１３、１１４が形成され、これら電極膜の終端は突出部１０６の前記先端面１０６ａ及び側面１０６ｂ、１０６ｃにまで延出して形成されている。これらの先端面１０６ａ及び側面１０６ｂ、１０６ｃには導電性ナノチューブ１０８、１０９、１１０の基端部１０８ｂ、１０９ｂ、１１０ｂがコーティング膜１１６、１１７、１１８の被覆によりそれぞれ固着されている。

この固着により、導電性ナノチューブ１０８、１０９、１１０は電極膜１１２、１１３、１１４にそれぞれ電氣的に導通状態に設定される。導電性ナノチューブ１０８、１０９、１１０の先端部１０８ａ、１０９ａ、１１０ａは突出部１０６の突出端１０６ｅより下方に突出し、これらの先端部１０８ａ、１０９ａ、１１０ａがナノチューブ把持部１１１を構成して、材料であるナノ物質を把持したり放出したりできる作業爪となる。このようにして、カンチレバー１０２にナノチューブ把持部１１１を形成して、本発明に係る静電ナノピンセット１２０が構成される。

この実施形態に係る静電ナノピンセットは、ナノチューブ把持部１１１を３本以上のナノチューブから構成している点に特徴を有する。この実施形態ではナノチューブは３本であり、この３本の爪によってナノ物質を包み込むように把持することができる。つまり、２本のナノチューブでは不安定な把持しかできないが、３本にすることにより任意の形状のナノ物質を安定確実に把持することが可能となる。特に、球状ナノ物質や棒状ナノ物質を確実に把持できるようになる。

この静電ナノピンセット１２０の電極膜１１２、１１３、１１４の後端部には接点

112a、113a、114aを介して制御回路121が接続される。この制御回路121は、可変直流電源122とアース124とスイッチ126から構成され、前記接点113a、114aはアース側に接続され、接点112aは高電位側に接続される。従って、電極膜112は正極となり、電極膜113、114は負極として機能する。

前述したように、ナノチューブには導電性のカーボンナノチューブや絶縁性のBN系ナノチューブ（窒化ホウ素）やBCN系ナノチューブ（炭窒化ホウ素）等がある。この実施形態に用いる導電性ナノチューブは電気伝導性を有するナノチューブであればよいから、導電性ナノチューブや導電材料で表面被覆した絶縁性ナノチューブが用いられる。被覆用導電材料には主に金属材料が好適である。

導電性ナノチューブとしてカーボンナノチューブを例にとりて説明すると、その直径は約1nm～数十nmまであり、長さはナノオーダーからミクロンオーダーまでに分布し、そのアスペクト比（長さ／直径）は1000以上にも達する。また、カーボンナノチューブは高度の柔軟性と強靱性を有するから、その先端を開閉してナノ物質を把持・放出する材料としては好適である。

上記実施形態において用いたカンチレバー102は、原子間力顕微鏡（AFM）に用いられるカンチレバー探針を転用したものである。このカンチレバー探針はシリコンやシリコンナイトライドを材料とし、半導体プラナー技術を用いて加工形成されている。従って、従来のガラス製品と比較して高強度で、耐久性に優れている。ただ、この実施形態では突出部106の突出端106eを先鋭加工せず、平坦面に形成している。即ち、突出部106を探針として用いず、導電性ナノチューブの固定用ホルダーとして用いるからである。

コーティング膜116、117、118を形成するには、電子顕微鏡内で電子ビームにより有機ガスを分解し、この分解堆積物をコーティング膜として用いる。有機ガスが炭化水素系ガスの場合にはコーティング膜はカーボン膜となり、有機ガスが金属有機ガスの場合にはコーティング膜は金属膜となる。金属膜の方が導電性ナノチューブ108、109、110と電極膜112、113、114との導通性は確実になる。

ナノチューブ基端部を突出部に固定する他の方法として、電子ビーム照射や通電加熱によりナノチューブ基端部を融着して突出部と一体的に固定することもできる。コ



ーティング被膜と融着を併用すれば、ナノチューブをより強力に固定することができ、ナノチューブの脱落を防止して静電ナノピンセットの耐久性を向上できる。

図13は球状ナノ物質を把持した前記実施形態の作用説明図である。まず、ナノチューブ108の長さを他のナノチューブ109、110より少し長く設定しておき、先端部108aが他の先端部109a、110aより下方に突出するように配置しておく。このナノチューブ108の先端部108aを探針として使用し、試料面上の球状ナノ物質128の場所と位置をAFM走査により検出確認する。

次に、3本の先端部108a、109a、110aの中心部に球状ナノ物質128が内包されるようにナノチューブ把持部111を下動させて試料面に接触させる。この状態でスイッチ126をオンにすると、電極膜112、113、114を介して導電性ナノチューブ108、109、110の先端部108a、109a、110aに電圧が印加される。つまり、先端部108aは正極となり、先端部109a、110aは陰極となる。正極には正電荷が蓄積し、負極には負電荷が蓄積するから、両電極は静電引力により内方に撓み、ナノチューブ把持部111は球状ナノ物質128を把持して閉じる。スイッチ126をオフにすると、静電引力は消失し、ナノチューブの弾性復元力によりナノチューブ把持部111は開き、球状ナノ物質128を放出する。

図14は棒状ナノ物質を把持した前記実施形態の作用説明図である。まず、ナノチューブ108の先端部108aを探針として使用し、試料面上の棒状ナノ物質130の場所と位置をAFM操作により検出確認する。

次に、3本の先端部108a、109a、110aの間に棒状ナノ物質130が配置されるようにナノチューブ把持部111を下動させて試料面に接触させる。この状態でスイッチ126をオンにして先端部108a、109a、110aを静電引力により閉じると、棒状ナノ物質130が前後から把持される。この状態で、ナノチューブ把持部111を上動させると、棒状ナノ物質130は図示の如く確実に吊り上げられる。

この実施形態では、静電ナノピンセット120のナノチューブ把持部111を3本の導電性ナノチューブ108、109、110で構成した。ナノ物質の形状によっては、4本のナノチューブからナノチューブ把持部111を構成することもできる。このように、本実施形態は3本以上のナノチューブの開閉によりナノ物質を把持・放出

する点に特徴を有した静電ナノピンセットである。

図15は、この静電ナノピンセットを用いたナノマニピュレータ装置の作動説明図である。試料132の表面には、材料となる球状ナノ物質128や棒状ナノ物質130が多数存在している。まず、この原料ナノ物質を静電ナノピンセット120のAFM操作により検出し、ナノチューブ把持部111により把持する。次に、図示しない3次元駆動装置により、静電ナノピンセット120を矢印a方向及び矢印b方向に移動し、ナノ構造物134の所望位置で原料ナノ物質を放出する。これらの操作を繰り返すことにより、様々なナノ物質を原材料として所望のナノ構造物134を試料132の表面に形成することができる。

前述したように、導電性ナノチューブ108、109、110の開操作は、電極膜112、113、114を介した電圧の印加による静電引力により行われる。また、その開操作は電圧の解除による導電性ナノチューブの弾性復元力により行われる。静電ナノピンセット120の移動制御はAFM（原子間力顕微鏡）の移動制御機構により実現される。

この静電ナノピンセット120を原材料位置からナノ構造物位置まで移動制御するには、図5に示すAFMの移動制御機構を使用する。この移動制御機構と静電ナノピンセット120の組み合わせによりナノマニピュレータ装置が構成される。既に、図5は詳しく説明されているので、ここではその説明を省略する。

3本の導電性ナノチューブの1本をAFM用の探針として用い、表面凹凸像を撮像して原材料位置を確認する。原材料を把持した後、ナノチューブ把持部111をナノ構造物の位置まで移動させ、ナノチューブ把持部111を開いて把持してきたナノ物質を試料表面132a上に放出する。この操作を繰り返して、ナノ構造物を組み立てる。

ナノチューブ把持部111の1本のナノチューブで、又は3本が閉じた状態のまま全体でAFM操作すれば、ナノ構造物の全体形状を表示装置に撮像することもできる。従って、本実施形態のナノマニピュレータ装置はナノワールドを自在に構成できるナノロボットである。このナノマニピュレータ装置は真空、大気を含め種々の雰囲気中で使用できる。

前記実施形態では、導電性ナノチューブに電圧を印加するリード電極として、カン

チレバーに必要本数の電極膜を形成した。他の方法として、電極膜とリード線を組み合わせたり、リード線だけでリード電極を構成することもできる。極微の箇所には、長尺のカーボンナノチューブなどの導電性ナノチューブをリード線として利用することもできる。ナノチューブ同士の結合は、融着方式・コーティング膜方式などが利用できる。融着方式は、電子ビーム照射、イオンビーム照射、電流通電加熱などの方法により行える。

本実施形態は導電性ナノチューブ間の静電気力でナノ物質を把持できる静電ナノピンセットである。従って、把持すべきナノ物質が絶縁性である場合には有効であるが、導電性ナノ物質の場合には短絡する可能性がある。しかし、この導電性ナノチューブの表面を絶縁被膜で被覆した場合には、導電性ナノ物質を把持した場合でも、導電性ナノチューブ間は短絡しないから、ナノピンセットとして有効に機能する。絶縁被膜としてはハイドロカーボン膜が好適に利用でき、電子ビーム照射により導電性ナノチューブ表面に被膜形成できる。絶縁膜の材料や被覆方法には他の公知材料や公知方法が利用できることは当然である。

本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の技術的思想を逸脱しない範囲における種々の変形例、設計変更などをその技術的範囲内に包含するものであることは言うまでもない。

#### (産業上の利用可能性)

請求項1の発明によれば、ナノチューブの表面を絶縁物質でコーティングしたから、静電引力で閉じてもしョートしない。従って、あらゆる電気物性を有したナノ物質をピンセット操作することができる。この発明は静電引力方式のナノピンセットの全構造に適用できる。

請求項2の発明によれば、AFM用のカンチレバーのピラミッド部をナノチューブホルダーとして用いるからナノピンセット全体の強度が高く、しかも配線をナノチューブリード線やCVDリード線等で構成するから超微細なナノスケール配線が可能となり、回路構成をコンパクトにできる。

請求項3の発明によれば、圧電膜によりナノチューブ先端間を開閉自在に設けるから、ナノ物質の電氣的性質、即ち絶縁体、半導体、導電体の違いによらず把持するこ

とが可能となり、ナノチューブの絶縁被覆を必要としない点で静電引力方式よりも性能向上を図ることができる。

請求項4の発明によれば、請求項3のホルダーとしてカンチレバーのピラミッド部を用いるから、ナノピンセット全体の強度が高く、しかも対象となるナノ物質の電気的性質に関係なく全物質を把持することができ、広範囲の応用性を有するナノピンセットを提供できる。

請求項5の発明によれば、ナノチューブに圧電膜を形成する代わりに、サイズの大きなピラミッド片に圧電膜を形成するから、圧電膜の形成が容易になる。このことによって、圧電膜のサイズも大きくなるから、圧電膜へのナノチューブリード線の結線などの作業性も改善できる。

請求項6の発明によれば、3本以上の導電性ナノチューブをナノ物質を把持する部材として使用したから、扁平状のナノ物質だけでなく、球状ナノ物質や棒状ナノ物質など任意の形状のナノ物質を安定かつ確実に把持することができる。しかも導電性ナノチューブの開閉は電圧印加による静電引力及び電圧解除による弾性復元力により行えるから、開閉操作が簡単であり、ナノ物質の把持・移動・放出が容易に行える。

請求項7の発明によれば、AFM測定に用いられる半導体製のカンチレバーを使用するから、耐久性がある高強度の静電ナノピンセットを提供できる。

請求項8の発明によれば、ナノピンセットを試料に対しXYZ方向に移動制御する3次元駆動機構を装備したから、ナノピンセット又は静電ナノピンセットでナノ物質を把持し、所望位置まで移動させ、そして任意形状のナノ構造物を組み立てることができるナノマニピュレーター装置を実現できる。

請求項9の発明によれば、静電ナノピンセットを構成する3本以上の導電性ナノチューブから選ばれた1本のナノチューブを走査型プローブ顕微鏡用の探針として用いるから、試料表面の物性情報を検出できるナノマニピュレータ装置を実現できる。また、このナノマニピュレータ装置を用いれば、試料表面上のナノ物質の位置を探し出し、そのナノ物質の形状を確認しながら、ナノ物質の把持・移動・放出を行うことができるなど、優れた機能を有する。

## 請 求 の 範 囲

1. ホルダーに基端部を固定して突設された複数のナノチューブと、これらのナノチューブ表面を絶縁被覆するコーティング被膜と、この中の2本のナノチューブに連結されたリード線からなり、このリード線間に電圧を印加して静電引力により前記2本のナノチューブの先端間を開閉自在に設けることを特徴とするナノピンセット。
2. カンチレバーに突設されたピラミッド部と、このピラミッド部に基端部を固定して突設された複数のナノチューブと、この中の2本のナノチューブに連結されたリード線からなり、このリード線間に電圧を印加して静電引力により前記2本のナノチューブの先端間を開閉自在に設けることを特徴とするナノピンセット。
3. ホルダーに基端部を固定して突設された複数のナノチューブと、この中の少なくとも1本のナノチューブの表面に形成された圧電膜からなり、この圧電膜に電圧を印加して圧電膜を伸縮させ前記ナノチューブの先端間を開閉自在に設けることを特徴とするナノピンセット。
4. 前記ホルダーはカンチレバーのピラミッド部である請求項3記載のナノピンセット。
5. カンチレバーのピラミッド部を構成する変形可能な複数のピラミッド片と、このピラミッド片の先端に突出状に固定されたナノチューブと、少なくとも1個のピラミッド片の側面に形成された圧電膜からなり、この圧電膜に電圧を印加して圧電膜を伸縮させ、ピラミッド片を可撓自在にしてナノチューブの先端間を開閉することを特徴とするナノピンセット。
6. ホルダーに基端部を固定して突設された3本以上のナノチューブと、この中の少なくとも3本以上のナノチューブにそれぞれ連結されたリード電極からなり、これらのリード電極間に電圧を印加してその静電引力により前記ナノチューブの先端間を開閉自在に設けることを特徴とする静電ナノピンセット。
7. カンチレバーに突設された突出部と、この突出部に基端部を固定して突設された3本以上のナノチューブと、この中の少なくとも3本以上のナノチューブにそれぞれ連結されたリード電極からなり、これらのリード電極間に電圧を印加して静電引力により前記ナノチューブの先端間を開閉自在に設けることを特徴とする静電ナノピン

セット。

8. 請求項1、2、3、4、5、6又は7に記載のナノピンセットと、このナノピンセットを試料に対しXYZ方向に移動制御する3次元駆動機構とから構成され、ナノピンセットでナノ物質を試料に搬送制御することを特徴とするナノマニピュレータ装置。

9. ナノピンセットを構成する少なくとも1本のナノチューブを走査型プローブ顕微鏡用の探針として用いる請求項8記載のナノマニピュレータ装置。

Fig. 1

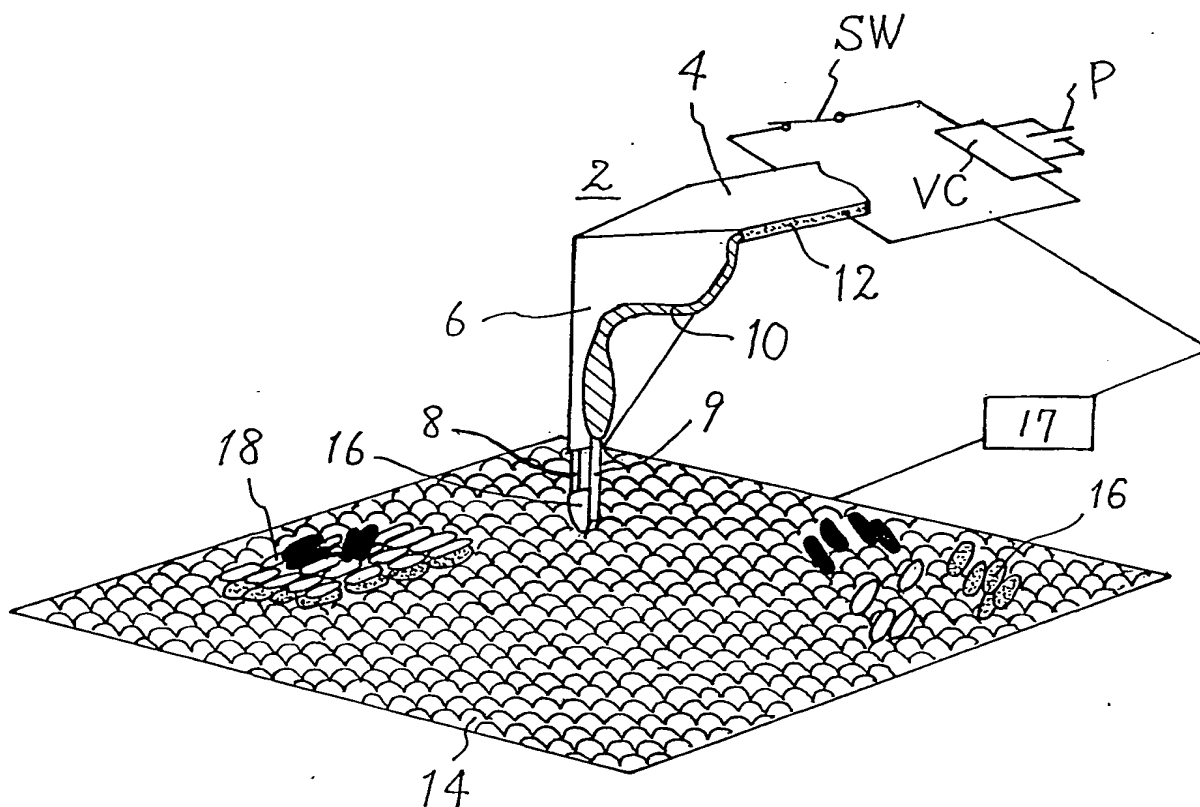


Fig. 2

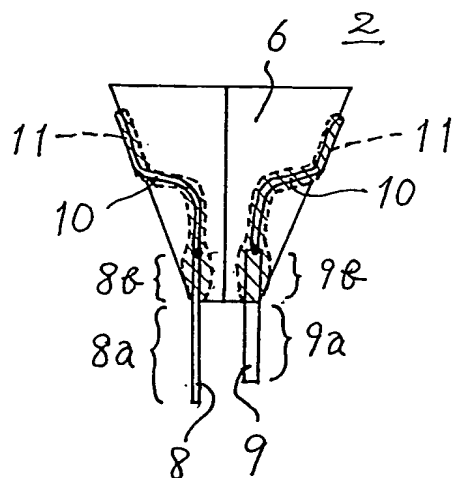


Fig. 3

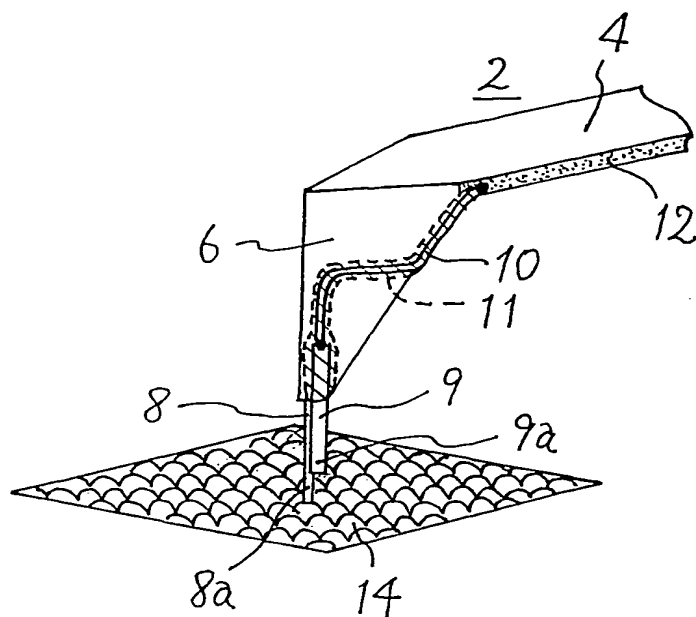


Fig. 4

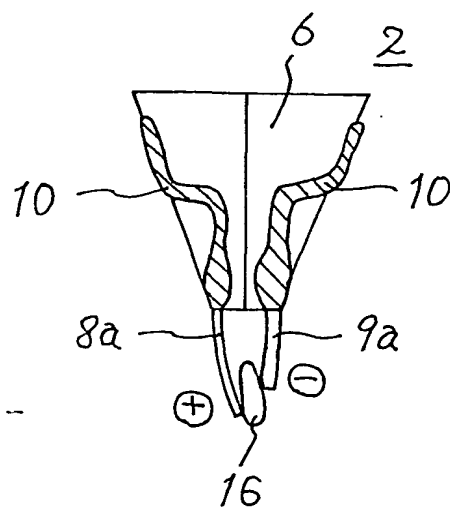




Fig. 5

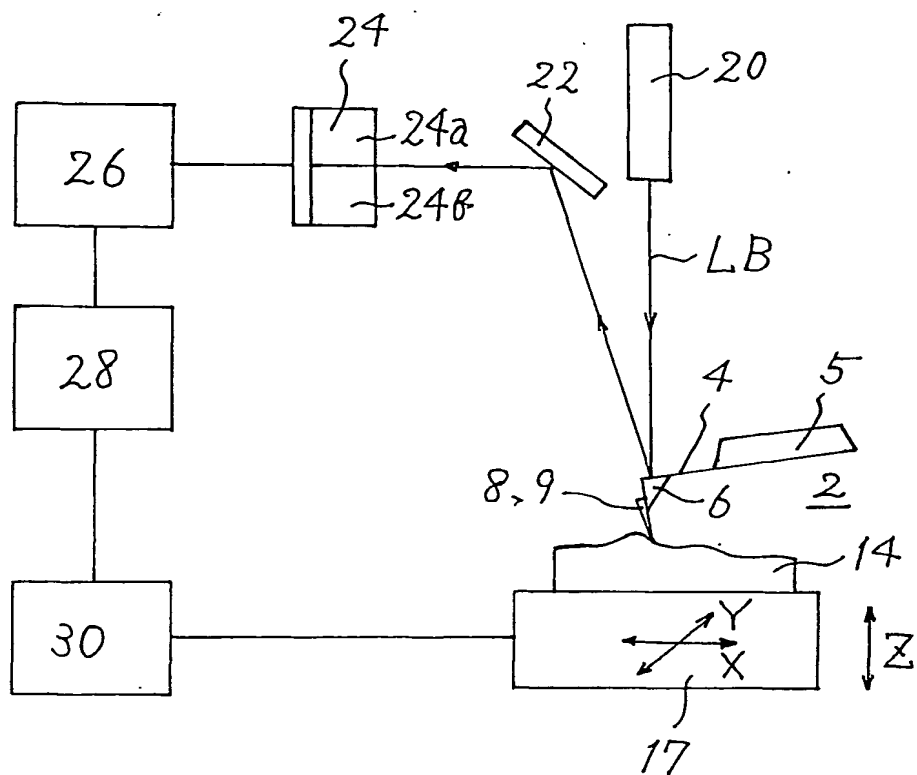


Fig. 6

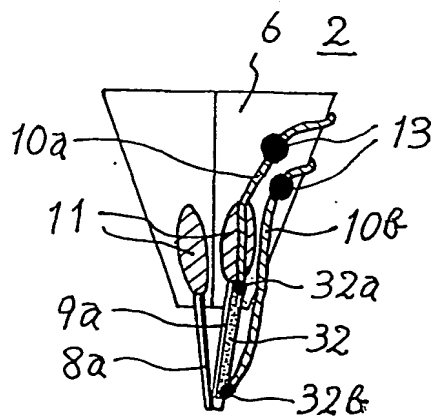


Fig. 7

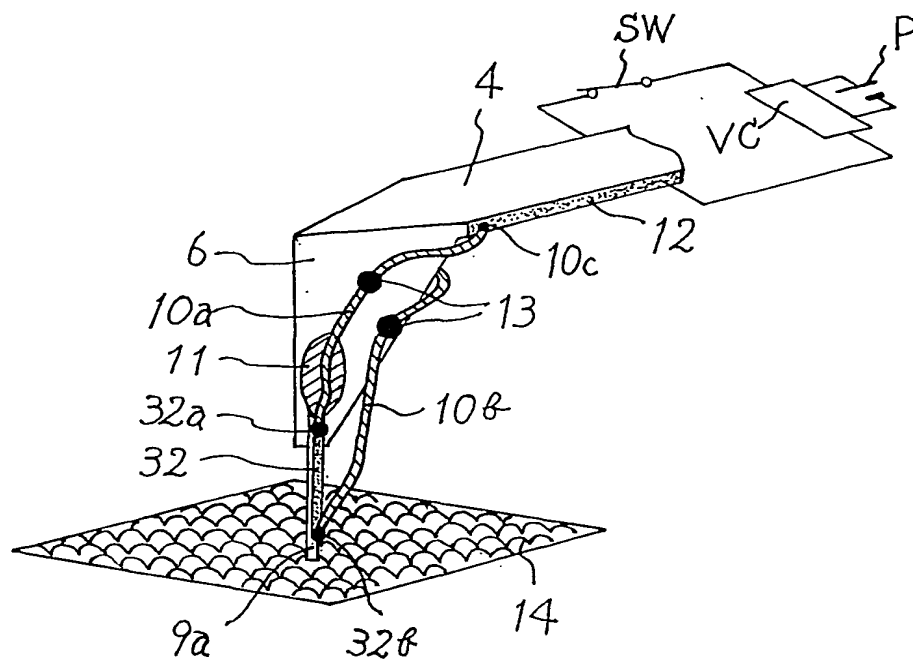
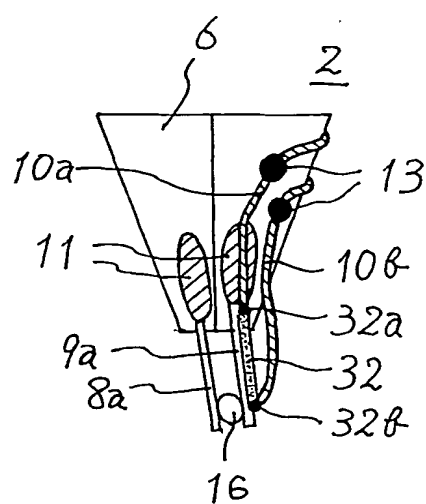
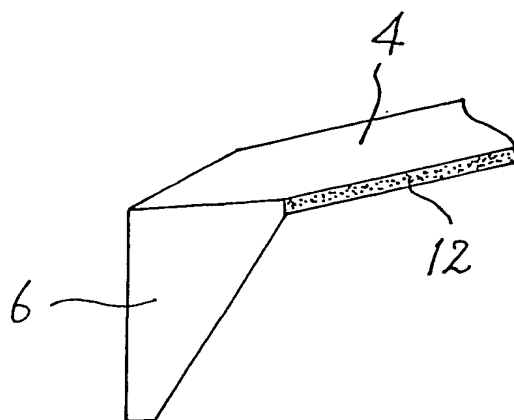


Fig. 8



F i g . 9



F i g . 10

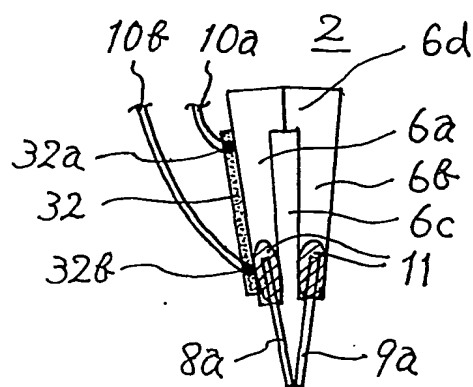


Fig. 11

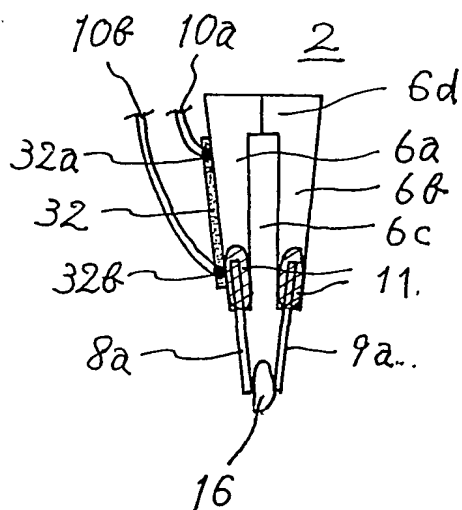


Fig. 12

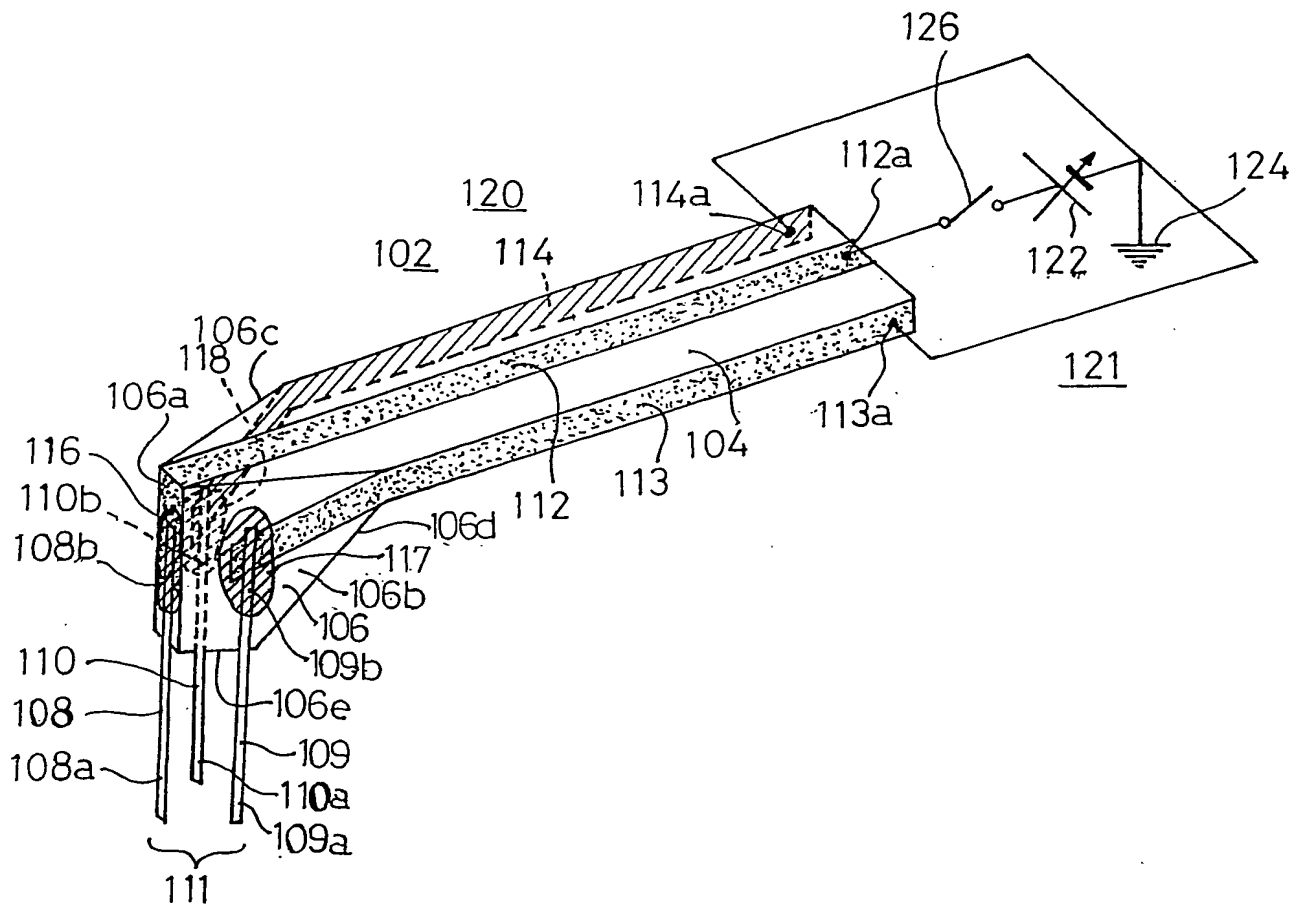
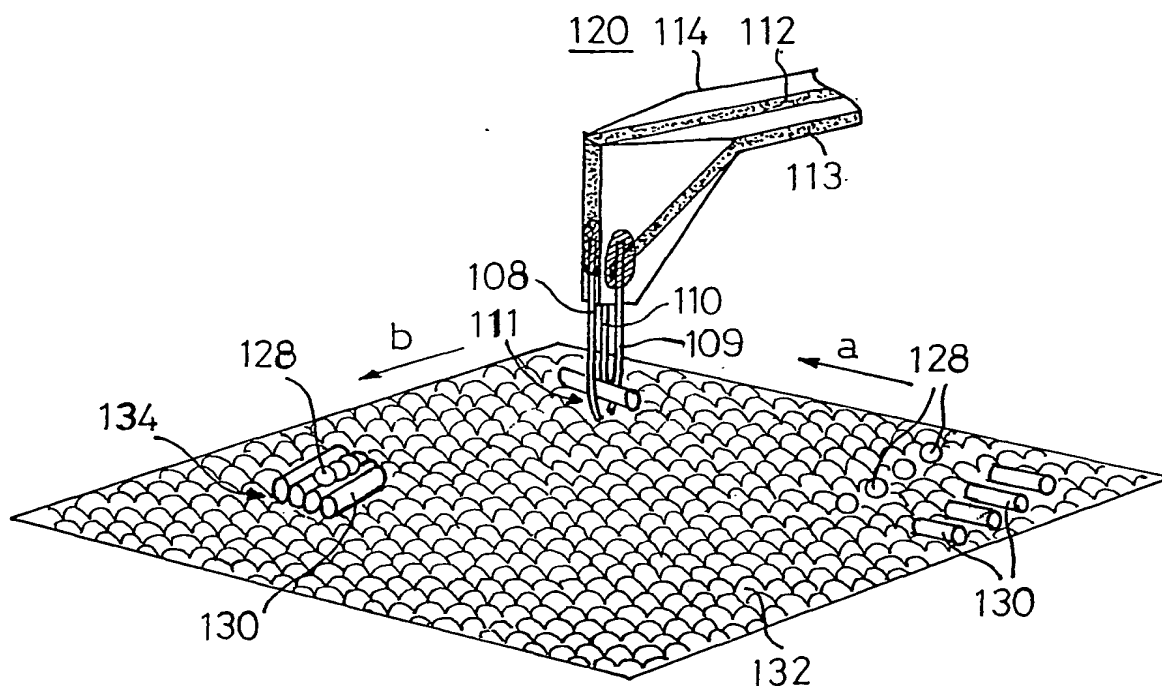




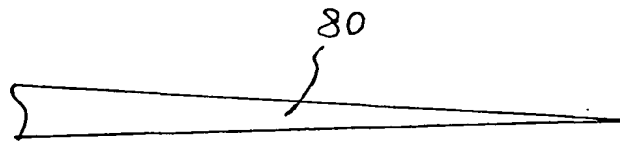


Fig. 15

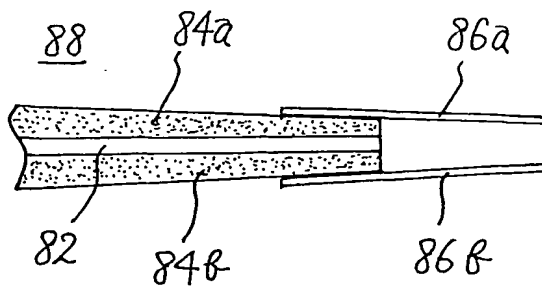




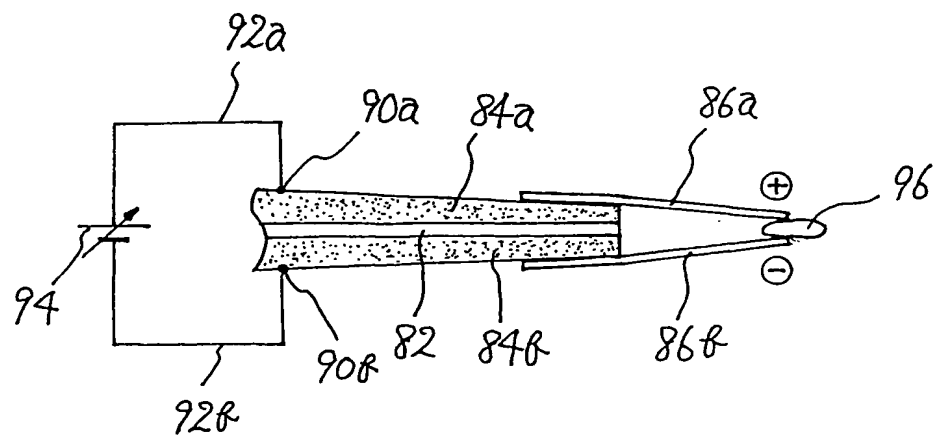
F i g. 1 6



F i g . 1 7



F i g . 1 8



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/01803

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl.<sup>7</sup> B82B 1/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.<sup>7</sup> B82B 1/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2001
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2001	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO, 98/05920, A1 (WILLIAM MARSH RICE UNIVERSITY), 12 February, 1998 (12.02.98), Full text & JP, 2000-516708, A Full text & EP, 927331, A & AU, 4055297, A	1-9
Y	JP, 6-238578, A (Olympus Optical Company Limited), 30 August, 1994 (30.08.94), Figs. 10, 11 (Family: none)	1-9
Y	JP, 7-52072, A (Fuji Electric Corp. Res. & Dev. Ltd.), 28 February, 1995 (28.02.95), Fig. 1 (Family: none)	1-9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
26 April, 2001 (26.04.01)Date of mailing of the international search report  
15 May, 2001 (15.05.01)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> B82B 1/00

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> B82B 1/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2001年

日本国登録実用新案公報 1994-2001年

日本国実用新案登録公報 1996-2001年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	WO, 98/05920, A1 (WILLIAM MARSH RICE UNIVERSITY) 12. 02月. 1998 (12. 02. 98), 全文 & JP, 2000-516708, A, 全文 & EP, 927331, A & AU, 4055297, A	1-9
Y	JP, 6-238578, A (オリンパス光学工業株式会社) 30. 08月. 1994 (30. 08. 94), 図10及び図11, (ファミリーなし)	1-9

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

26. 04. 01

国際調査報告の発送日

15.05.01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

神崎 孝之

印

3P

9037

電話番号 03-3581-1101 内線 3364

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP, 7-52072, A (株式会社富士電機総合研究所) 28. 02月. 1995 (28. 02. 95), 図1, (ファミリーな し)	1-9